$$\min N = 1,018 \frac{Q_0}{te} \sqrt[8]{\frac{K_Q K_d^2 L t e^2 z^4 i_0^2}{(e+1)Q_0}}. \quad (45)$$

Указанное решение существует, если $H_N \leq 3,7$.

Полученные решения позволяют оценить, насколько реальный режим работы щековой дробилки отличается от оптимального для избранного критерия. Можно оценить и эффективность оперативного управления одним из параметров для компенсации влияния изменения физико-механических свойств дробимого материала и т. д.

Подробное исследование полученных решений является предметом самостоятельной работы, но некоторые особенности можно отметить. Оптимальные значения c , x , n , y зависят от свойств дробимого материала, типоразмера дробилки и заданных ограничений по N_0 , Q_0 или i_0 (в зависимости от решаемой задачи). Введение указанных ограничений приводит к

появлению экстремальных зависимостей по c , x , n , y , которых нет в исходном математическом описании работы щековых дробилок (1-3).

1. Марасанов В.М., Дылдин Г.П. Математическое описание процесса дробления в щековой дробилке. Известия Горный журнал. 2017 № 8. (82-90)
2. Марасанов В.М., Белуженко В.М. Статистические характеристики щековой дробилки. – В кн. Модели и алгоритмы управления процессами добычи и обогащения полезных ископаемых. Издание УПИ, вып. 133, Свердловск, 1976. – с. 36-38.
3. Основы кибернетики. Под ред. К. А. Пупкова. М.: Высш. школа. 1974, с. 213-266.
4. Марасанов В.М. Математическое описание процесса дробления в щековых дробилках. –Изв. вузов, горный журнал, №2, 1967. – с.160 – 166.
5. Марасанов В.М., Белуженко В.М. Оптимизация режима работы щековой дробилки. – В кн.: Автоматическое управление технологическими процессами в горной промышленности. Межвуз.науч.темат.сб. – Свердловск, 1981, - 96 с., с. 81-84.
6. Марасанов В.М., Поршнев М.Н. Оптимизация процессов дробления и грохочения на дробильно-сортировочном заводе.-В кн.: Математическое обеспечение АСУ горных предприятий. Свердловск, 1974.-с.158-162.

Погорелов А.В., Киреев С.О., Корчагина М.В., Лебедев А.Р.
Особенности конструкции поверхностного привода винтового насоса

*Донской Государственный Технический Университет
 (Россия, Ростов-на-Дону)*

doi: 10.18411/sr-10-02-2019-53

idsp: sciencerussia-10-02-2019-53

Аннотация

В статье приводится анализ наиболее распространенных поверхностных приводов винтовых насосных установок. Описаны особенности конструкций поверхностного привода винтового насоса и их недостатки. Предложен вариант технического решения, улучшающий показатели эффективной работы установки.

Ключевые слова: Поверхностный привод, винтовой насос, конструкция.

Abstract

The article provides an analysis of the most common surface drives of screw pumping units. The design features of the screw pump surface drive and their disadvantages are described. A variant of the technical solution that improves the performance of the installation is proposed.

Keywords: Surface drive, screw pump, design.

Введение

Современное состояние эксплуатации нефтяных месторождений России характеризуется ростом добычи нефти из наклонно-направленных скважин с повышенным искривлением стволов и увеличением вязкости извлекаемых жидкостей. Традиционные способы подъема нефти штанговыми насосами и центробежными электронасосами не обеспечивают требуемых результатов, поэтому должны быть заменены более эффективными и дешевыми, основанными на малой энерго- и металлоемкости технических средств. Для решения этой задачи необходимо использовать объемные винтовые насосы [1].

Конструкция и принцип работы

Винтовые насосы работают на принципе ротационного вытеснения жидкости. Эта спиралевидная система состоит из ротора, который эксцентрично вращается внутри неподвижного статора (рис.1). Ротор представляет собой винт небольшого диаметра с глубокой круглой нарезкой и очень большим шагом — расстоянием между соседними вершинами резьбы. Статор имеет одну дополнительную нитку резьбы и шаг резьбы на нем больше, чем у ротора; в результате этого образуется полость, увеличивающаяся по размеру в процессе вращения, в результате чего развивается почти пульсирующий линейный поток жидкости. Как и в штанговых глубинных насосах, ротор обычно приводится в движение с помощью штанг, присоединенных к двигателю на поверхности. В большинстве случаев винтовые насосы характеризуются легкой приспособляемостью, надежностью в работе, высокой стойкостью к воздействию абразивных твердых частиц и высоким объемным КПД [2].

Рисунок 1 – Конструкция винтового насоса

1 – винт (шнек); 2 – приводной вал; 3 – полость статора специальной формы

На сегодняшний день существует два типа винтовых насосных установок:

- С погружным электродвигателем
- С поверхностным приводом

У каждого из них есть свои достоинства и недостатки. Однако стоит отметить, что ресурс винтовых насосных установок с погружным электродвигателем небольшой вследствие высокой скорости вращения винта, приводящей к быстрому износу оборудования. Поэтому перспективным является вращение винта при помощи колонны штанг от поверхностного привода.

При эксплуатации винтовой насосной установки типа УНВП существует необходимость повышения эффективности передачи вращающего момента поверхностного привода колонне штанг [3].

Широкое внедрение винтовых насосных установок с поверхностным приводом выдвигает необходимость регулирования частоты вращения вращательной колонны для совмещения характеристики скважины с оптимальной подачей скважинного насоса. Это

связано с тем, что при превышении подачи насосной установки в сравнении с дебитом скважины возможна работа винтовой пары в сухую без охлаждения резиновой прокладки потоком жидкости. Такая ситуация может привести к выходу из строя винтовой пары из-за перегрева.

В большинстве случаев поверхностное оборудование винтовой насосной установки состоит из устьевого сальникового превентора, вращателя с модульной вставкой и электродвигателя. Особенностью привода является то, что он обладает возможностью ступенчатого и плавного регулирования частоты вращения приводной штанговой колонны за счет изменения передаточного отношения в редукторах в широких пределах. Опытная эксплуатация винтовой насосной установки УНВП показала ее работоспособность и надежность. Известными недостатками такой конструкции является: необходимость существенного удлинения рабочих органов для обеспечения высокого давления при пониженной частоте вращения (500 об/мин и ниже) [4].

Рисунок 2 – Схема винтовой насосной установки типа УНВП

Тенденции развития винтовых насосов

Для выявления технического уровня и тенденций развития винтовых насосов, был проведен патентный поиск.

Наиболее распространенный тип поверхностного привода – привод с клиноременной передачей. Недостатками такой установки являются узкий диапазон и большая трудоемкость регулирования производительности насоса, осуществляемого сменой шкивов ременной передачи, большие габариты из-за применения ременной передачи и автономных узлов подвески и герметизации.

Известна установка для добычи высоковязкой нефти с большим содержанием механических примесей. Она была разработана канадскими фирмами COROD

MANUFACTURING и AMOCO CANADA PETROLEUM LTD созданы установки с большим крутящим моментом (до $1900\text{Н}\times\text{м}$). В качестве привода использован тихоходный аксиальнопоршневой гидродвигатель, включающий регулируемый силовой насос, регулирующий клапан емкость для рабочей жидкости. Его конструкция представлена на рисунке 3 [2].

Рисунок 3 – Схема установки винтового насоса с гидроприводом

1 – выкидная линия; 2-3 – узел соответственно устьевого привода и опорного подшипника; 4 – зажим полированного штока; 5 – полированный шток; 6 – ременная передача; 7 – гидравлический двигатель; 8 – емкость для рабочей жидкости; 9 – приводной вал; 10 – регулируемый насос; 11 – регулирующий клапан

При установке на колонне штанг центраторов винтовые насосные установки с поверхностным приводом можно применять в наклонно-направленных скважинах (с углом наклона до 70°).

Устьевой привод выполняется в двух вариантах: с передачей вращения непосредственно на полированный шток и с редуктором.

Пробная эксплуатация насосов этой фирмы в России показала их следующие недостатки:

1. Низкую несущую способность колонны штанг
2. Уменьшение КПД при добычи вязкой жидкости
3. Сложную систему регулирования производительности.

Также можно отметить высокую стоимость оборудования, сложность эксплуатации в связи с трудностями ремонтных и монтажных работ.

Известны винтовые насосные установки с электронным вариатором (рис. 4). В конструкции данного типа проблема регулирования производительности была решена. Однако вариатор имеет ограниченный ряд соотношений частот вращения [5].

Более совершенной является винтовая насосная установка типа УНВП (пат. РФ 2093708), принципиальная схема которой приведена на рисунке 5. В сравнении с гидравлическим и вариаторным приводами она имеет явные преимущества: простота конструкции и в следствие большую надежность, меньшие затраты на обслуживание, а также меньшую стоимость.

Рисунок 4 – Привод винтового насоса с вариатором
1 – электродвигатель; 2 – вариатор; 3 – редуктор

Рисунок 5 – Поверхностный привод винтового насоса с редукционной вставкой

Положительный эффект достигается за счет обеспечения нетрудоемкого оперативного регулирования производительности насоса изменением частоты вращения ведомого вала вращателя, а следовательно, и ротора насоса в широком диапазоне значений, а также за счет повышения эффективности работы увеличением КПД привода при подключении двигателя или вставки к промежуточному валу вращателя [6,7].

Оперативно изменяя частоту вращения насоса и соответственно подачу насоса, можно выставить оптимальный режим добычи из скважины, не прибегая к сложным техническим решениям.

Заключение

Проведенный анализ существующих поверхностных приводов винтовых насосных установок показал, что конструкция устройства поверхностного привода, рассмотренного на рисунке 5, является наиболее перспективной, однако она обладает некоторыми недостатками.

Крутящий момент в приводе передается посредством прямозубого зацепления. Это связано с простотой и не высокой стоимостью изготовления зубчатых колес. Стоит отметить, что конструкция данного механизма с использованием косозубого зацепления является более совершенной, поскольку передача с косозубым зацеплением обладает

рядом преимуществ, по сравнению с прямозубой. К ним можно отнести: увеличение предельного крутящего момента, передающегося зубчатой парой, более тихая и плавная работа устройства. Для реализации этих технических решений необходимо произвести проектировочный расчет согласно ГОСТ 2185 – 66 [8].

1. Султанов Б.З., Брот А.Р. и др. Испытания винтовых насосов с поверхностным приводом. Нефтяное хозяйство, 3 N 7, 1992, с. 36-37.
2. Вагапов С.Ю., и др. Скважинные насосные установки для добычи нефти.; под ред. Матвеева Ю.Г. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2003. – 167 с.
3. Пат. 2291319 Российская федерация, МПК F04B47/02. Поверхностный привод штангового винтового насоса. / Султанов Б.З.; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью "Нафтасервис". – № 2005107986/06; заявл. 21.03.2005; опубл. 10.09.2006, Бюл. № 25. – 4 с.
4. Пат. 2139448 Российская федерация, МПК F04B47/02. Поверхностный привод скважинного винтового насоса. / Султанов Б.З., Зубаиров С.Г., Габдрахимов М.С.; заявитель и патентообладатель Зубаиров Сибагат Гарифович, Султанов Байрак Закиевич, Габдрахимов Мавлитзян Сагитьянович. – № 97107047/06; заявл. 30.04.1997; опубл. 10.10.1999 – 4 с.
5. Пат. 2170368 Российская федерация, МПК F04B47/02. Поверхностный привод погружного винтового насоса. / Брот А.Р., Виноградов Д.Г.; заявитель и патентообладатель Брот Александр Робертович. – № 2000126029/06; заявл. 16.10.2000; опубл. 10.07.2001, Бюл. № 19. – 4 с.
6. Пат. 2136965 Российская Федерация, МПК F04B47/02. Привод скважинного погружного винтового насоса. / Хусаинов М.М.; заявитель и патентообладатель Хусаинов Миргасим Миргалимович. – № 98103692/06; заявл. 02.03.1998; опубл. 10.09.1999 – 3 с.
7. Жулаев, В.П., Винтовые насосные установки для добычи нефти/ В.П. Жулаев, Б.З Султанов. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 1977. – 42 с.
8. Анфимов М. И. Редукторы. Конструкции и расчет. /М.И.Анфимов – Изд. 4-е перераб. и доп. М.: «Машиностроение», 1993., 463 с.